

## II.— EL MEDIO FÍSICO

### 1. Marco geográfico

Todos los asentamientos estudiados en este trabajo están distribuidos por el área geográfica denominada la Cuenca de Pamplona. El límite meridional del área ocupada viene señalado por las sierras de Alaiz y El Perdón en el paralelo  $42^{\circ} 43'$  y  $42^{\circ} 44'$  respectivamente. Los poblados más occidentales se extienden hasta el pie de las sierras de Sarvil y Satrústegui, en la margen derecha del río Araquil, y por el norte el límite viene marcado por la curva de nivel de 600 m. que aproximadamente enlaza las localidades de Atondo (en el extremo occidental), Sarasate, Maquirriain y Olloqui, penetrando por el Valle de Egüés hasta Ustarroz. El límite oriental está representado por la Sierra de Tajonar hasta la Sierra de Alaiz, que es rodeada en su prolongación hacia Noain, incluyendo el Valle de Elorz hasta Monreal.

Según la tradicional división en comarcas geográficas de Navarra: Montaña, Zona Media y Ribera, la Cuenca de Pamplona es una subcomarca perteneciente a La Montaña, limitada al norte, de oeste este, por los Valles Meridionales y los Valles Pirenaicos Centrales y Orientales. Al sur de la misma se encuentran la Navarra Media Oriental y Occidental. Un rasgo evidente del área ocupada es que está rodeada de montañas y que su acceso más fácil parece ser,

desde el sur, entre la Sierra del Perdón y el Carrascal (Sierra de Alaiz), donde no hay dificultades orográficas importantes. Por otra parte, los valles de los ríos que la drenan, Araquil, Ulzama, Egües, Elorz y, principalmente, el Arga, que vienen del norte, amplían sus cauces al penetrar en la Cuenca, dado que sus aguas comienzan a discurrir por un material blando, fácilmente erosionable como son las margas. Los talleres de sílex al aire libre del Neolítico y las edades del Bronce y Hierro (II) "entran" en Navarra por el Ebro y alcanzan la Cuenca de Pamplona atravesando la Navarra Media Occidental o Tierra Estella. Es por tanto una encrucijada de vías naturales que comunican la depresión a través de sus valles con las regiones vecinas en todas direcciones.



Figura 4. Comarcas geográficas de Navarra

## 2. Geomorfología

Al comparar el área habitada con el mapa geológico se advierte su plena coincidencia con la cuenca sedimentaria terciaria margosa del Eoceno, formación conocida como “margas grises (o azuladas) de Pamplona”.

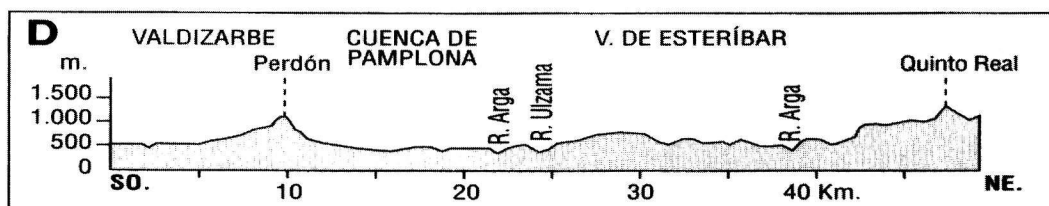


Figura 5. Perfil topográfico de la Cuenca de Pamplona  
(De Geografía de Navarra. El Solar-1. Ed. Diario de Navarra. 1995)

La meteorización de estas rocas, mezcla de minerales de arcilla y carbonato cálcico en proporciones similares, genera un cuadro geomorfológico de topografía suave, ondulada, en la que únicamente destacan, formando resaltes del

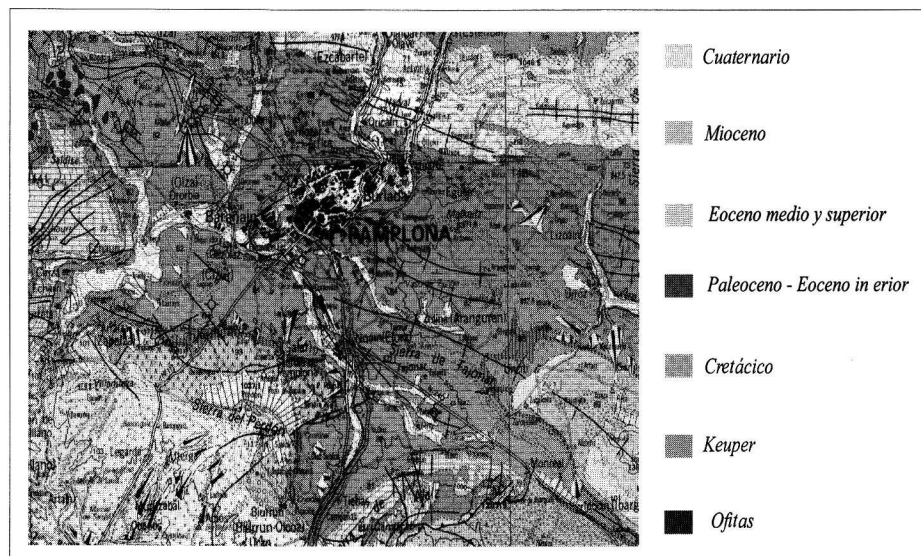


Figura 6. Mapa Geológico de la Cuenca de Pamplona.  
(Del Mapa Geológico de Navarra. Escala 1:200.000. Dpto. Obras Públicas. Gobierno de Navarra. 1997)

relieve algo más pronunciados, niveles de areniscas intercalados en la serie margosa y que constituyen serrezuelas como las de Góngolaz y Tajonar. En donde no existe la cobertura vegetal o esta ha sido eliminada por la actividad antrópica se modelan por erosión acelerada pequeños abarrancamientos (tierras malas), dada la poca resistencia que estos materiales ofrecen a la erosión.



Tradicionalmente se han relacionado las glaciaciones e interglaciaciones con los distintos niveles de terrazas que se suelen encontrar en los aparatos fluviales, generalmente cuatro y en ocasiones cinco, como épocas lluviosas y de sequía respectivamente. Sin embargo, la posibilidad de que hayan ocurrido cambios climáticos importantes de carácter regional, no universal, hace pensar hoy día que son estas crisis las que generan las terrazas en cada región.

Las terrazas climáticas sólo se forman en el curso medio de los ríos, donde hay erosión y sedimentación alternativas, ya que en el curso alto la principal acción es la erosión y en el curso bajo la sedimentación. El área estudiada incluye parte del tramo medio de los ríos que la recorren y esa es la razón de la presencia de terrazas fluviales en la misma siendo precisamente estos los lugares elegidos generalmente para los asentamientos.

### 3. Clima

Los datos de la tabla y los gráficos (Figura 8 a 10) del climatograma Thornthwaite y el análisis del balance hídrico que se adjuntan resumen el clima actual de la Cuenca de Pamplona en uno de sus puntos centrales.

Observatorio de Pamplona (1931-1980)													
TM Temperatura máxima, A absoluta, m media, Tm Temperatura mínima, P precipitación (mm), dP días de precipitación, dN días de nieve													
1°38' long W      42°48' lat N      449 m a.n.m.													
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	med/sum
TMA	19,5	23,6	30	30	35,6	38	38,8	40,3	38,8	29,5	27	21	31,0
TMmA	15,6	16,6	21,1	24,3	28,7	33	35,9	35,5	31,9	26	18,8	14,9	25,2
TMm	8,6	9,9	13,3	15,8	19,7	23,5	26,4	26,9	24,2	18,8	12,2	8,8	17,3
Tm	4,8	5,7	8,4	10,8	14,2	17,5	20,3	20,3	18	13,4	8,1	5,3	12,2
Tmm	1	1,5	3,6	5,8	8,7	11,6	13,7	13,6	11,7	8	4	1,8	7,1
TmmA	-6,1	-4,9	-2,2	0,7	2,7	6,4	9,2	9,2	6,4	2,1	-1,7	-5	1,4
TmA	-13	-15,3	-7	-3,7	-1	3	6,5	7	1	-4	-7	-14,2	-4,0
P	102,2	77,9	76,9	81,4	83,9	74,6	45,4	43,5	72,9	105,4	115,9	118,3	998,3
Dp	12	10	13	13	13	10	6	7	10	11	14	14	133
dN	2,5	2,1	1,3	0,5	0	0	0	0	0	0,1	0,7	1,6	8,8

Figura 8. Tabla de temperaturas y precipitaciones.



## Climatograma Thornthwaite

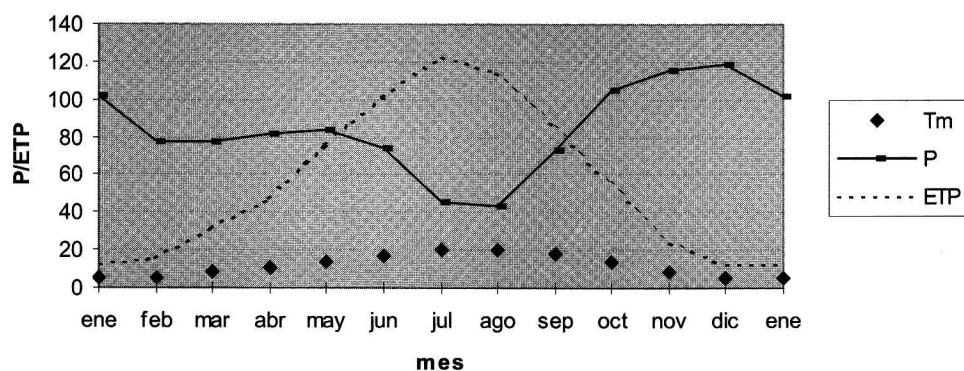


Figura 9. Climatograma de Thornthwaite

## Régimen de humedad del suelo

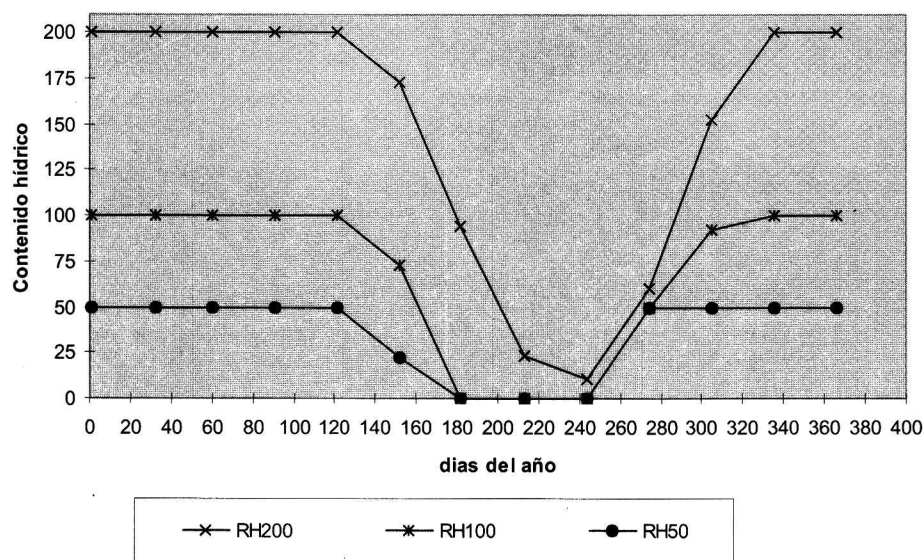


Figura 10. Régimen de humedad del suelo.

Pamplona tiene una temperatura media relativamente baja (12,2°C, oscilación térmica 15°C) y elevada precipitación (998 mm/año) para lo que es típico en el clima mediterráneo. Por el contrario el régimen de precipitaciones se adaptan al criterio de mediterraneidad, en dos sentidos, escasez de las lluvias en verano e irregularidad de estas.

Pero las características climáticas que conllevan la aparición de un ecosistema mediterráneo no dependen sólo de la escasez de lluvias sino de la aparición de un periodo seco en verano; es decir, la presencia de un déficit de agua para la vegetación. El climatograma de Thornthwaite nos indica que el periodo

de sequía existe pero ¿hasta que punto?, el déficit de agua depende también de las características del suelo y especialmente de la capacidad de retener y almacenar agua (CAA) de este. El balance hídrico para diferentes suelos dependiendo de la capacidad de almacenamiento muestra que para suelos muy profundos (CAA 200 mm) no hay periodo seco importante, pero si para suelos poco profundos (CAA 50-100 mm).

Por lo tanto, el área central de la Cuenca de Pamplona, donde dominan los suelos profundos (ver apartado de suelos) tiene en la actualidad características eurosiberianas, sin grandes déficits de agua en verano, pero en zonas donde afloran materiales duros (por ejemplo calizas, calcarenitas) o en las que la pendiente facilite la pérdida de agua el clima tendrá una marcada tendencia a la mediterraneidad.

Así la Cuenca de Pamplona, se caracteriza por ser un área de transición entre el clima eurosiberiano y el mediterráneo. En estas áreas pequeños cambios pueden originar diferencias importantes en el clima del lugar, ya sea por variaciones espaciales o temporales

Entre las primeras cabe destacar:

La *altitud* que produce un enfriamiento gradual de las temperaturas (0,65°C por cada 100 metros que se suben) y un ligero aumento de las precipitaciones. Entre el fondo de la cuenca y los puntos más elevados existe una diferencia de unos 400- 700 m., por lo que la temperatura en las zonas mas altas será unos 3 o 5 grados más baja, si bien el efecto de *inversión térmica* puede amortiguar esta disminución de la temperatura.

El efecto de *pantalla de las vertientes montañosas* que se interponen a los vientos húmedos (del O al N en el caso de la Cuenca de Pamplona) que hace que estas laderas sean especialmente lluviosas, en contraposición a las laderas con orientación E - S que tienen un fenómeno de sombra respecto a las precipitaciones.

La *diferenciación entre vertientes sur y norte*, las vertientes orientadas al S reciben una mayor y más efectiva insolación, en especial en invierno lo que las hace más cálidas y consecuentemente más secas

La *inversión térmica* es un fenómeno típico de los valles cerrados y que se manifiesta en situaciones anticiclónicas invernales. En estos periodos de inmovilidad de las masas atmosféricas, el aire frío, mas denso, tiende a bajar y concentrarse en el fondo de los valles haciendo que estos sean más fríos que las zonas altas, que sería lo "normal".

En cuanto a la variación climática temporal, en el periodo en que se centra este estudio, se puede diferenciar entre:

Las *oscilaciones propias de la dinámica atmosférica que no presenta sesgo y que son características de un determinado clima*, así p.e. el clima mediterráneo presenta mayor variabilidad temporal que el atlántico. Los ecosistemas ya recogen esta variabilidad y no suele comportar cambios importantes para las

comunidades bien instaladas o las que se adaptan por medio de comportamientos culturales (p.e. emigración, trashumancia,...).

Los *ciclos o cambios climáticos* que ha habido en los últimos 20.000 años. Los verdaderos cambios climáticos son mucho mas lentos, a menudo inapreciables para los individuos pero mucho más profundos y trascendentes para el ecosistema. Desde el último máximo glaciario, hace unos 20.000 años, se pueden diferenciar los siguientes grandes periodos.

Periodo glaciario, con temperaturas medias unos 10°C inferiores a las actuales; es decir, en la Cuenca de Pamplona la temperatura media era poco superior a los 0°C, por lo que su habitabilidad, por parte de los seres humanos, era difícil y de tipo estacional; estas condiciones, con fuertes oscilaciones, se mantienen hasta hace unos 10.000 años.

Periodo postglaciario hasta el óptimo climático. Con un calentamiento progresivo y un aumento de la sequía, el hombre empieza a intervenir en el medio de manera importante, ya sea por su aumento en número o por su mayor eficacia como cazador y de técnicas culturales (quemadas de las masas forestales). Este periodo de calentamiento parece tener su máximo hace unos 6000 años.

Desde el óptimo climático hasta nuestros días. En general las condiciones se volvieron algo más frías si bien hubo otro periodo cálido entre los años 750 al 1300 d. C. y un enfriamiento importante entre los siglos XIV y mitades del XIX, ambos influyeron notablemente en la distribución de la población y de los cultivos.

#### 4. Los suelos

Los suelos son entes naturales de evolución lenta, cuyas características vienen dadas por la interacción de la geología, la geomorfología, el clima y los seres vivos a través del tiempo. En un punto determinado la geología y la geomorfología son dos factores de escasa variabilidad en un periodo temporal de menos de 20.000 años. Por lo tanto si ha habido variaciones en la tipología de los suelos en el periodo estudiado estas serán debidas a variaciones en el clima y en la acción de los seres vivos.

Como se ha comentado en el apartado de clima, los ciclos o variaciones climáticas cortos no tiene gran trascendencia en el ecosistema ya que este toma esta variabilidad como característica propia. Si que pueden tener más trascendencia los ciclos más largos en especial si el cambio climático que se produce es profundo.

A nivel de suelo el cambio de clima actúa de dos modos distintos pero ligados. Por una parte los cambios físicos y químicos que se producen por la variación del grado de humedad y de temperatura del suelo, efecto directo; y por otra los cambios que se producen en la vegetación, microorganismos y

fauna debido al cambio de las condiciones climáticas y del propio suelo, efecto indirecto. Ambos efectos son a menudo muy difíciles de delimitar y se pueden analizar de forma conjunta.

No cabe duda que hubo un cambio climático muy importante entre el periodo de máximo glacial y de óptimo climático en la Cuenca de Pamplona que afectó profundamente al ecosistema en especial a los organismos vivos. Por el contrario, los suelos preexistentes sólo se vieron modificados superficialmente, ya que en la actualidad se pueden observar suelos de periodos cálidos anteriores al último periodo glacial, de tipo fersialítico, típicos de climas mediterráneos o subtropicales (Alfisoles sobre terrazas y niveles calcáreos).

Por otra parte los cambios habidos en los últimos 10.000 años no tienen la suficiente entidad como para haber influido decisivamente en la evolución de los suelos.

Más importante será el impacto de los organismos vivos en el suelo, en especial el efecto que el ser humano ha podido tener sobre ellos. El uso de las masas forestales como fuente de energía o material de construcción o su destrucción para favorecer el crecimiento de especies anuales para su recolección o como técnica de caza; y posteriormente para la agricultura o para favorecer los pastos para el ganado, ha provocado una pérdida muy importante de la cubierta boscosa. El suelo una vez que ha perdido la protección de los árboles es más vulnerable a la erosión y se favorece la aparición de suelos "jóvenes" escasamente desarrollados y en el caso de la agricultura con un horizonte superficial pobre en materia orgánica.

Si observamos los suelos más representativos en la actual Cuenca de Pamplona y tenemos en cuenta lo que se ha expuesto hasta el momento llegamos a la conclusión que en los últimos 20.000 años el ser humano ha ocupado los mismos tipos de suelos, si bien algunos se han expandido a costa de otros en especial por la propia acción del hombre.

Han ganado en extensión los suelos jóvenes, con escaso desarrollo morfológico, los denominados entisoles. Estos suelos se han desarrollado a partir de suelos relativamente simples que han perdido la materia orgánica superficial consumo o por erosión. Este proceso está ligado a la pérdida de la cobertura boscosa y el posterior uso agrícola del territorio. Ello provoca una sustracción de la materia orgánica viva (cosechas) que no se puede reincorporar al suelo y posteriormente humificarse, los suelos se van empobreciendo en materia orgánica y ello suele conllevar su pérdida de estructura y posterior erosión.

Temporalmente también se vieron favorecidos los suelos isohúmicos o de pradera con un horizonte A muy potente y oscuro (*mollisoles*). Si a la tala del bosque sigue un aprovechamiento ganadero o simplemente de recolección parcial, la materia orgánica entra en un ciclo más rápido que en el suelo forestal, se favorecen especies con una biomasa subterránea muy importante y de ciclo anual, p.ej. gramíneas, que enriquecen al suelo en materia orgánica; al no haber una recolección propiamente dicha, el ganado echa el residuo en el mismo suelo, el C orgánico y los nutrientes no se salen del medio y favorecen el

desarrollo de una actividad biológica muy alta en el suelo que da lugar a un horizonte superficial muy bien estructurado, rico en materia orgánica y de condiciones físico-químicas óptimas para el desarrollo de la vegetación (*epipedon móllico*). Estos suelos, los *mollisoles*, a pesar de su fertilidad son muy vulnerables a la agricultura, por lo que si se ponen en cultivo rápidamente se pierden.

Por último señalaremos la presencia de suelos *vertisoles* en la zona sur de la Cuenca de Pamplona y de afines en buena parte de las zonas profundas de esta. Estos suelos tienen como característica mas importante el ser muy arcillosos, lo cual les da una gran fertilidad pero los hace muy húmedos y los convierte en lodazales si son transitados con frecuencia.

Principales táxones de suelos existentes en la actualidad en la Cuenca de Pamplona				Características de los suelos en la zona de la Cuenca de Pamplona (RHS Xérico) sino se indica lo contrario	
ORDEN	SUBOR-DEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO	perfil	característic as sistemáticas
Entisol <sup>#</sup>	Orthent	Xerorthent	Lithic	A-R	
			Typic	A-C	
		Udorthent	Typic	A-R	RHS Údico
	Fluvent	Xerofluvent	Typic	A-C-2C-3C...	dinámica fluvial aparente
		Udofluvent	Typic	A-C-2C-3C...	dinámica fluvial + RHS Údico
Vertisol	Xerert	Chromoxerert	Typic	A-Bss-C	rico en arcillas esmectíticas
Inceptisol <sup>*&amp;</sup>	Xerept	Haploxerept	Lithic	A-Bw-R	end. Cámbico
			Typic	A-Bw-C	end. Cámbico
		Calcixerepts	Typic	A-Bw-Ck	end. Cámbico + h. Cálculo
	Udepts	Eutrudepts	Typic	A-Bw-C	end. Cámbico+ RHS Údico
Mollisol <sup>*\$&amp;</sup>	Udoll	Hapludoll	Lithic	A-R	ep. Móllico + RHS Údico
			Typic	A-B-R	ep. Mollico + RHS Údico
Alfisol <sup>*&amp;</sup>	Xeralf	Haploxeralf	Lithic	A-Bt-R	end. Argílico
			Typic	A-Bt-C	end. Argílico
			Calcic	A-Bt-Ck	end. Argílico + h.Cálculo
		Palexeralf	Typic	A-Bt-C	end. Argílico muy desarrollado
			Calcic	A-Bt-Ck	id. + h. Cálculo
* Suelos antiguos o bien desarrollados					
# Tipología de suelos que se extienden por el uso agrícola					
\$ Tipología de suelos que se extienden por el uso del terreno como pastizal					
& Tipología de suelos que tienden a perderse por el uso agrícola					

Figura 11. Principales tipos de suelos actuales en la Cuenca de Pamplona

## 5. El territorio y su uso como áreas habitables

Los suelos y la habitabilidad de un área determinada se puede analizar desde dos puntos de vista distintos

— Como fuente de un bien de interés para la cultura que se instala en sus proximidades. Áreas de recolección, caza, pastoreo, cultivo.

— Como área de asentamiento físico donde establecerse. Zonas que tengan un microclima favorable para la instalación de hogares, áreas llanas, con insolación adecuada, secas, protegidas de los vientos, seguras tanto a nivel ambiental (ausencia de riesgos de inundación, desprendimientos,...) como socio-culturalmente (fácil de defender, con buena visibilidad,...)

Con lo comentado hasta el momento, los establecimientos humanos en esta área se verán influidos por una serie de factores ambientales positivos y por otros de negativos, estas consideraciones han podido variar a lo largo de la evolución cultural del hombre

**Positivas**, en la zona estudiada:

Temperaturas suaves.

Precipitaciones moderadas.

Áreas con buena insolación, en especial en invierno.

Áreas elevadas respecto a terrenos circundantes pero resguardadas del viento.

Áreas llanas.

Áreas con un piso firme y seco.

Áreas próximas a fuentes o cursos estables de agua (pero alejadas del lecho de inundación frecuente).

Zonas cercanas al paso de animales en movimientos migratorios (decrece su interés cuando el hombre se hace ganadero).

Áreas ricas en frutos silvestres (decrece su interés cuando el hombre se hace agricultor).

Proximidad de productos importantes para la dieta y el comercio (como la sal).

Por ello, parecen interesantes para la instalación humana:

— Las terrazas fluviales medias y altas del río Arga y del Araquil, así como áreas de encostramiento calizo en los piedemonte de la sierra del Perdón, así como algunos niveles de arenisca también de la misma área. Estos materiales además de ser un piso seco, normalmente llano y limpio (sano) tienen como valor añadido la posibilidad de extraer caliza de tamaño fino, muy rica en carbonato cálcico útil para la construcción.

— En sociedades cazadoras serían áreas favorables la entrada de la Cuenca de Pamplona de los ríos Araquil-Larraun y Arga-Ulzama.

— También algunos valles estratégicos como el que se forma al este de la Peña de Echauri cerca ya de la salida de la Cuenca de Pamplona del río Arga que



a sus buenas condiciones de insolación y posición se le añade la proximidad a áreas de fuentes de aguas salinas en la cara sudoeste de Peña Echauri.

— En general los piedemonte, en especial en sierras de perfil cóncavo, si tienen buena insolación, son lugares habitables ya que se aseguran los recursos hídricos de la zona, por ejemplo el valle de Aranguren.

**Negativas**, en la zona estudiada:

Temperaturas frías.

Precipitación muy elevada.

Escasa insolación (vertiente norte, zonas muy bajas del paisaje).

Áreas deprimidas, con escasa visibilidad del entorno.

Áreas con pendientes elevadas.

Zonas con suelos muy encharcables, que formen barrizales.

Zonas de frecuente inundación.

Estos condicionantes descartan o dificultan en un primer momento, mientras la presión demográfica o hechos sociales (áreas de ritos iniciáticos, presión demográfica, luchas, grupos agresivos nómadas,...), la utilización de:

— El área norte de la Cuenca de Pamplona (valle del Arga, Ulzama) y área entre la actual Pamplona y el río Arga ya que la climatología es mucho más agresiva: mayor humedad, más frío, menor insolación).

— La cara norte de las sierras del Perdón y de Alaiz, y las zonas de gran pendiente de las Sierra de Saldise-Peña Echauri, San Cristóbal. Si bien estos últimos casos, su buena insolación permitiría la instalación humana en altura, la fuerte pendiente, especialmente en superficies convexas implica también una escasez de cursos constantes de agua lo cual junto a la lejanía de esta en el valle dificulta la habitabilidad de estas áreas de montaña.

— Zona central de la cuenca al sur de Pamplona por la presencia de suelos vérticos (muy fértiles) pero con escasa infiltración del agua y muy arcillosos.

— Cauce de inundación de los ríos, en especial el Arga y el Araquil y en menos medida el Elorz.

Como conclusión a este capítulo, estos diferentes parámetros ambientales se han señalado dentro del mapa adjunto de la Cuenca de Pamplona:

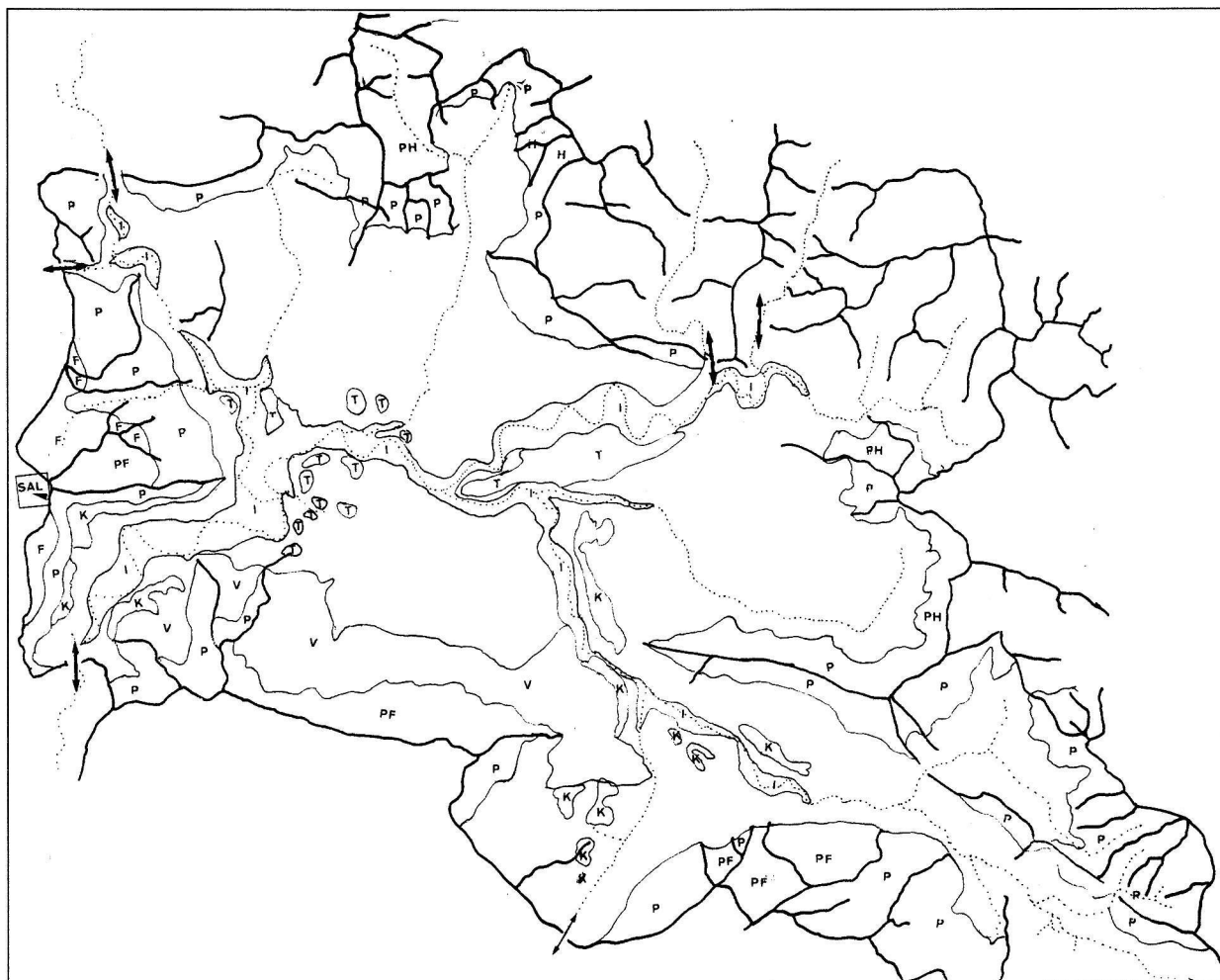


Figura 12. La Cuenca de Pamplona. Diferentes parámetros ambientales.

**factores desfavorables**

- P** Zonas con alta pendiente
- PF** Zonas con alta pendiente y frías (umbrías)
- I** Zonas de frecuente inundación
- F** Zonas frías (umbrías)
- H** Zonas húmedas
- V** Zonas muy arcillosas (s. vérticos) que en épocas húmedas se pueden convertir en lodazales

**factores favorables**

- K** Zonas con horizontes recarbonatados; normalmente, llanas, secas y estables
- T** Zonas de terraza; llanas, elevadas, secas y estables
- ª SAL** Yacimientos de interés
- .....** Cauce permanente
- Entradas y salidas naturales de la Cuenca de Pamplona, áreas de paso en movimientos migratorios.
- Las áreas sin denominación son de posible habitabilidad pero sin factores que la favorezcan.